

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **174 889** (13) U1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(51) МПК  
[B08B 9/08 \(2006.01\)](#)  
[F23D 14/18 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 17.11.2017)  
Пошлина: учтена за 1 год с 10.01.2017 по 10.01.2018

(21)(22) Заявка: [2017100745](#), 10.01.2017(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
10.01.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.01.2017

(45) Опубликовано: [09.11.2017](#) Бюл. № [31](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2366520 C2, 10.09.2009. Б.Н. ЛУКЬНОВ и др. "Экологически чистое окисление углеводородных газов в каталитических нагревательных элементах", Химия в интересах устойчивого развития 9 (2001), с.667-677. SU 244538 A1, 28.05.1969. RU 111257 U1, 10.12.2011. JP H07174297 A, 11.07.1995. WO 2010052020 A1, 14.05.2010.

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.  
Ельцина, Центр интеллектуальной  
собственности, Поморцевой Н.Ю.

(72) Автор(ы):

Остроушко Александр Александрович (RU),  
Русских Ольга Владимировна (RU),  
Порсин Андрей Викторович (RU),  
Куликов Александр Владимирович (RU),  
Рогожников Владимир Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

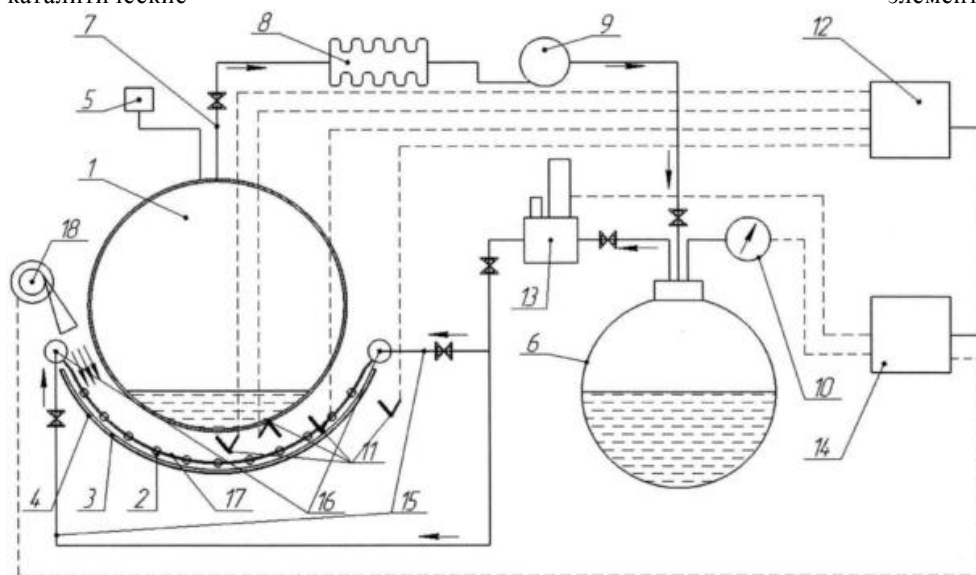
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU),  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт катализа им.  
Г.К. Борескова Сибирского отделения  
Российской академии наук (RU)

## (54) УСТАНОВКА УДАЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ ЕМКОСТЕЙ

(57) Реферат:

Устройство предназначено для удаления углеводородов из емкостей при выгрузке продуктов из них в условиях низкой температуры окружающей среды. К емкостям относятся, например, железнодорожные, автомобильные цистерны, резервуары для перевозки и хранения сжиженных нефтяных газов (бутан, пропан, их смесь и др.). Устройство может быть использовано при подготовке к ремонту и/или техническому освидетельствованию указанных емкостей, а также при эксплуатации емкостей (цистерн, резервуаров и контейнеров), предназначенных для перевозки или хранения высоковязких и застывающих продуктов, в частности других углеводородных продуктов, например дизельного топлива, высокопарафинистой сырой нефти, масел, а также продуктов пищевой, химической промышленности, таких, как глицерин, олеум, олифа, пищевое растительное масло, патока и др. Устройство содержит бак-сборник углеводородов и систему для подогрева емкости в виде каталитического блока сжигания углеводородов и генерации теплоты, состоящий, в свою очередь, из катализаторов, нанесенных на высокопористые ячеистые структуры или на металлические сетки, распределителя потока, электронагревателя для инициирования каталитической реакции; кроме того, устройство содержит датчик и прибор для измерения температуры горячих газов, связанный с регулятором скорости подачи углеводородов через трубопровод, вентилятор. В качестве варианта устройство может содержать гидравлический компрессор, снабженный масляным насосом, двигателем,

маслопроводами и охладителем. Предусмотрен вариант устройства, содержащего отдельный блок сжигания углеводородов и генерации теплоты с трубопроводом отведения из него нагретых отходящих газов к подогреваемой емкости. Еще один вариант устройства содержит в составе катализаторов отдельные цилиндрические каталитические элементы.



Фиг. 1

Полезная модель относится к устройствам для выгрузки продуктов из емкостей, например железнодорожных, автомобильных цистерн, резервуаров для перевозки и хранения сжиженных нефтяных газов (бутан, пропан, их смесь и др.), подготовки к ремонту и/или техническому освидетельствованию емкостей, может быть использована для этих же целей при эксплуатации емкостей (цистерн, резервуаров и контейнеров), предназначенных для перевозки или хранения высоковязких и застывающих продуктов, в частности других углеводородных продуктов, например дизельного топлива, высокопарафинистой сырой нефти, масел, а также продуктов пищевой, химической промышленности, таких, как глицерин, олеум, олифа, пищевое растительное масло, патока и др.

При низкой окружающей температуре при работе, в частности, в климатической зоне, где в зимний период температура воздуха снижается до  $-40^{\circ}\text{C}$  и ниже, перевозимые и хранимые в емкостях продукты становятся высоковязкими или застывают, что препятствует их выгрузке из емкости или делает процесс выгрузки существенно более длительным.

Из предыдущего уровня развития техники известно, что существуют устройства для перевозки и хранения нефтепродуктов, которые снабжены подогревом для разжижения продуктов, их более полной и быстрой выгрузки. Такие устройства в виде цистерн, резервуаров достаточно хорошо известны и описаны, например, в книге, являющейся учебным пособием, Коннова Г.В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа. Ростов-на-Дону: Феникс, 2006, стр. 90-101. Например, цистерны, предназначенные для перевозки высоковязких застывающих нефтепродуктов, оборудуют наружными паровыми рубашками или внутренними устройствами для подогрева. Паровая рубашка обеспечивает подогрев (подплавление) пограничного слоя застывшего нефтепродукта обычно без разогрева остальной его массы. Для подогрева применяют различные теплоносители: водяной пар, горячую воду, горячие газы и нефтепродукты, электроэнергию. Наибольшее применение имеет водяной пар, обладающий высоким теплосодержанием и теплоотдачей, легко транспортируемый и не представляющий пожарной опасности. Обычно используют насыщенный пар давлением 0,3-0,4 МПа, обеспечивая нагрев нефтепродукта до  $80-100^{\circ}\text{C}$ . Горячую воду применяют в тех случаях, когда ее имеется большое количество, так как теплосодержание воды в 5-6 раз меньше теплосодержания насыщенного пара. Горячие газы имеют при современном уровне развития техники ограниченное применение, так как они отличаются малой теплоемкостью, низким коэффициентом теплоотдачи, а также трудностью организации их сбора и используются лишь при разогреве нефтепродуктов в автоцистернах и в трубчатых подогревателях на нефтеперерабатывающих заводах. Горячие масла в качестве теплоносителей также применяют редко, в основном в случаях, когда требуется разогреть тугоплавкие нефтепродукты теплоносителем с высокой температурой вспышки, для которых невозможен разогрев горячей водой и паром. Электроэнергия - один из эффективных источников тепла, однако при использовании электронагревательных устройств необходимо соблюдать противопожарные требования. Обнаженная электрическая грелка с накаливающей проволокой способна вызвать воспламенение паров нефтепродуктов. В связи с этим электроподогрев применяется для нефтепродуктов с высокой температурой коксования и вспышки и, главным образом, для масел перед

сливом их из вагонов-цистерн. Электронагревательные устройства отличаются компактностью, удобством в обслуживании и рентабельны при наличии дешевой электроэнергии.

В настоящее время известны, в частности, автоцистерны нефтепромысловые, производимые ООО "УРАЛКАМ-АВТО" (г. Миасс Челябинской обл.) на базе шасси автомобилей КАМАЗ, предназначенные для транспортировки и кратковременного хранения нефти, нефтепродуктов и нефтесодержащих жидкостей с плотностью не более 1,4 МПа, в том числе технической воды и солевых растворов: АЦН-10-43118; АЦН-12-43118; АЦН-16-65111. Автоцистерны данного типа оснащены системой подогрева емкости от передвижного устройства или от системы выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания.

Известен способ подготовки цистерн к ремонту, который, прежде всего, включает в себя стравливание давления и удаление газов, находящихся в цистерне путем подачи в нее инертного газа (С.А. Фармозов "Охрана труда при эксплуатации и ремонте оборудования химических и нефтеперерабатывающих предприятий", -М., "Химия", 1985 г.).

К недостаткам данного способа следует отнести не только затраты, связанные с необходимостью получения инертного газа, но и полная потеря полезного продукта, находящегося в цистерне. Естественно установки для реализации данного способа должны содержать либо емкости для хранения инертного газа, либо устройства для его получения.

Известно устройство для подготовки газовых цистерн к ремонту и/или техническому освидетельствованию (патент RU №2205709 С2, МПК<sup>7</sup> В08В 9/093, опубликован 10.06.2003 г.), содержащее систему подачи инертного газа в цистерну и газовый коллектор для сбора и транспортировки сжиженных газов на станцию охлаждения или на факел для сжигания. Подготовка цистерн для перевозки опасных грузов к ремонту с использованием установки по данному изобретению должна проводиться с соблюдением всех требований безопасности в специально предназначенных для этого местах. После установки газовой цистерны на обработку производится сброс избыточного давления через уравнильный ventиль с одновременным наддувом цистерны газообразным азотом до давления ~0,25 МПа через систему подачи азота и слив жидкого остатка через дренажный ventиль цистерны в приемную емкость участка дегазации. Слив продолжается до полного освобождения цистерны от сжиженных газов. Далее дренажный ventиль закрывают и остатки сжиженных газов выдавливают азотом через уравнильный ventиль в газовый коллектор, причем при наличии станции охлаждения сжиженных газов он направляется в нее, а при отсутствии - на факел для сжигания. Данная установка при наличии станции охлаждения естественно включает в себя дожимающие аппараты (компрессоры), охладители паров пропан-бутановой смеси и баки-сборники для сжиженного продукта.

К недостаткам работы настоящего устройства следует отнести необходимость использования инертного газа в значительном количестве и лишь частичную возможность возврата пропан-бутановой смеси для полезного использования при наличии станции охлаждения, где проходит ожижение пропан-бутановой смеси. При этом необходимо учитывать перемешивание горючих газов с инертным газом и снижение парциального давления горючих газов в этом случае. Сжигание пропан-бутановой смеси на факеле не является оптимальным при современных требованиях к экологическому состоянию производств. При сжигании на факеле или в условиях частичного возврата полезного продукта формируются значительные потери пропан-бутановой смеси по следующим основным причинам. Согласно «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 11.06.2003 г. №91) потребитель, опорожняющий цистерны, обязан оставлять в них избыточное давление не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>). Практически невозможно удалить из цистерны жидкий продукт полностью.

Известно также техническое решение по патенту RU №2366520 С2, МПК В08В 9/08 (2006.01), опубликованному 10.09.2009 г., «Установка для удаления газов из цистерн». Установка (устройство) для удаления газов из цистерн для перевозки пропан-бутановой смеси включает компрессор, соединенную с всасывающим патрубком компрессора линию для отвода газов из цистерны, охладитель и бак-сборник жидкой пропан-бутановой смеси, при этом компрессор выполнен гидроприводным и снабжен масляным насосом, двигателем и маслопроводами, причем всасывающие клапаны гидроприводного компрессора установлены с возможностью принудительного открывания и закрытия. При помощи установки проводится откачка газов из цистерны или другой емкости и их сбор в приемной емкости. При низких температурах окружающего воздуха удаление газов становится неполным в течение обычного рабочего цикла выгрузки, а процесс откачки замедляется. Это связано с тем, что при откачке газов из емкости для их хранения и перевозки, возникновении разряжения в ней, температура дополнительно снижается, чему способствует требующее подвода тепла из окружающей среды испарение жидких компонентов газовой смеси, например, остатков более тяжелых углеводородов в пропан-бутановой смеси, которые обычно в ней присутствуют.

Снижение температуры в емкости в процессе откачки в принципе происходит при любой температуре.

Задачи, на решение которых направлено заявленное техническое решение, заключаются в расширении арсенала технических средств в данной области, а также на снижение затрат на подогрев емкостей за счет использования собственно перевозимых или хранимых углеводородов, как источника тепла, отсутствия необходимости отдельной доставки или генерирования теплоэнергетических ресурсов; снижение отходов производства в виде канализационных сливов, газов, загрязняющих атмосферу; повышение безопасности процесса удаления (выгрузки) углеводородов или других веществ из емкостей для перевозки и хранения.

Решение данных задач достигается за счет того, что устройство для удаления углеводородов из емкостей, содержащее бак-сборник углеводородов, содержит также систему подогрева емкости в виде каталитического блока сжигания углеводородов и генерации теплоты, охватывающего внешнюю поверхность емкости и установленного с зазором по отношению к стенкам емкости, при этом бак-сборник снабжен трубопроводом подачи углеводородов к каталитическому блоку сжигания углеводородов и генерации теплоты и систему для подогрева емкости в виде каталитического блока сжигания углеводородов и генерации теплоты.

Устройство может включать гидроприводный компрессор, снабженный масляным насосом, двигателем и маслопроводами, в котором всасывающие клапаны компрессора установлены с возможностью принудительного открывания и закрытия, линию для отвода углеводородов из емкости, соединенную с всасывающим патрубком компрессора, и охладитель.

В качестве углеводородов в устройстве могут быть применены пропан, или бутан, или пропан-бутановая смесь, или природный газ, или дизельное топливо. Каталитический блок устройства для сжигания углеводородов и генерации теплоты может иметь форму, охватывающую внешнюю поверхность емкости, и быть установлен с зазором по отношению к стенкам емкости. Устройство может включать вентилятор ускорения циркуляции горячих газов от сжигания углеводородов. Каталитический блок сжигания углеводородов и генерации теплоты устройства может быть сконструирован в виде отдельного блока с трубопроводом отведения из него нагретых отходящих газов, возникших в результате сжигания углеводородов и подающихся к внешней поверхности емкости. Каталитический блок сжигания углеводородов и генерации теплоты устройства может быть оснащен катализаторами, нанесенными на металлические сетки, сформированные в многослойные каталитические структуры, или высокопористые ячеистые структуры, образующие поверхность каталитического блока сжигания углеводородов и генерации теплоты, установленного вблизи стенки емкости. Металлические сетки каталитического блока сжигания углеводородов и генерации теплоты устройства, сформированные в многослойные каталитические структуры, или высокопористые ячеистые структуры, для инициирования каталитической реакции могут быть дополнительно снабжены электронагревателем, многослойные каталитические структуры могут иметь форму отдельных цилиндров или форму сегмента, охватывающего емкость. Металлические сетки каталитического блока сжигания углеводородов и генерации теплоты устройства могут быть выполнены из стали, содержащей железо, алюминий и хром, на сетки может быть нанесен слой оксида алюминия в количестве 1-10 мас.% от массы сетки или высокопористых ячеистых структур, а в качестве активных компонентов использованы высокодисперсные платина и/или палладий в количестве 0.1-7 мас.% от массы оксида алюминия. Система для подогрева емкости устройства может быть снабжена датчиками температуры горячих газов от сжигания углеводородов и автоматическим регулятором скорости подачи углеводородов.

Полезная модель поясняется рисунками Фиг. 1-4:

Фиг. 1 показывает принципиальную схему устройства.

Фиг. 2 показывает фрагмент каталитического блока сжигания углеводородов и генерации теплоты на основе цилиндрических каталитических нагревательных элементов.

Фиг. 3 показывает фрагмент каталитического блока сжигания углеводородов и генерации теплоты на основе каталитических нагревательных элементов в виде сегментов, воспроизводящих окружность.

Фиг. 4 показывает фрагмент каталитического блока сжигания углеводородов и генерации теплоты на основе каталитических нагревательных элементов в виде прямоугольных коробчатых сегментов.

Устройство для удаления углеводородов из емкости (1) включает в себя каталитический блок сжигания углеводородов и генерации теплоты, состоящий из одного или более каталитических нагревательных элементов цилиндрической формы (2), рефлектора (3), теплоизоляция (4), клапан аварийного сброса (5) бак-сборник (6). На приемном трубопроводе (7) установлен охладитель (8) и гидроприводный компрессор (9). Кроме того, устройство включает: манометр (10), датчики температуры (11), блок измерительный (12), регулятор расхода углеводородов (13), компьютер (14), трубопровод подачи углеводородов (15), топливный коллектор (16), секционные топливные коллекторы (17), вентилятор (18).

Каталитические нагревательные элементы цилиндрической формы представляют собой реакторы радиального типа (2) и изготовлены на основе высокопористых ячеистых структур и/или металлических сеток (19), на которые нанесен катализатор (Фиг. 2). В других вариантах устройства каталитические блоки выполнены из каталитических нагревательных элементов в виде сегментов, воспроизводящих сегменты окружности (Фиг. 3), или в виде плоских коробчатых сегментов (Фиг. 4). В этих вариантах рефлектор (3), используемый с каталитическими нагревательными элементами цилиндрической формы отсутствует. Металлические сетки и высокопористые ячеистые структуры выполнены из стали, содержащей железо, алюминий и хром. На металлические сетки и высокопористые ячеистые структуры и нанесен слой оксида алюминия в количестве 1-10 мас.% от их массы, а в качестве активных компонентов использована высокодисперсная платина и/или палладий в количестве 0,1-7,0 мас.% от массы оксида алюминия.

Устройство работает следующим образом. Каталитический блок сжигания углеводородов и генерации теплоты, состоящий из каталитических нагревательных элементов (2), размещается вблизи внешней стенки емкости (1) с зазором для подвода воздуха и отвода горячих отходящих газов, образующихся в результате беспламенного сжигания углеводородов. Из бака-сборника (6) через трубопровод подачи углеводородов (15), общий топливный коллектор (16) и секционные топливные коллекторы (17) часть собранных углеводородов подается в каталитические нагревательные элементы (2) и далее подводится к поверхности катализатора через внутренние полости каталитических нагревательных элементов. Общий расход газа через трубопровод подачи углеводородов (15) регулируется регулятором расхода углеводородов (13). Кислород, содержащийся в воздухе, подводится из окружающей среды к поверхности катализатора с внешней стороны за счет конвекционных и диффузионных процессов. Сжигание углеводородов происходит на поверхности катализатора. При этом образуются горячие отходящие газы, которые за счет конвекции контактируют с внешней поверхностью емкости (1) и нагревают ее. Для увеличения скорости газообмена и интенсификации теплообменных процессов может быть использована принудительная конвекция отходящих газов. В этом случае вентилятор (18) направляет поток горячих отходящих газов вдоль внешней поверхности емкости.

Контроль температуры отходящих газов, окружающей среды, температуры внешней поверхности емкости и каталитических нагревательных элементов осуществляется с помощью датчиков температур (11). На основании показаний датчиков температур осуществляется управление регулятором расхода углеводородов (13).

Запуск каталитических нагревательных элементов, заключающийся в их разогреве от температуры окружающей среды до температуры начала реакции беспламенного каталитического сжигания углеводородов, осуществляется за счет принудительного предварительного нагрева. Предварительный нагрев может быть произведен при пропускании электрического тока через резистивные сопротивления, конструктивно встроенные в каталитические нагревательные элементы (на фигурах не показаны), каталитическим способом или пропускании горячего газа через внутренние полости каталитических нагревательных элементов. При каталитическом способе на катализатор кратковременно подается пусковая газовая смесь с низкой температурой зажигания, например, содержащая водород, пары спирта и т.п. (схема подачи пусковой газовой смеси не показана). Пропускание горячего газа, например воздуха, может быть осуществлено за счет электрического нагрева в отдельном калорифере, не входящем в установку. Предварительный нагрев длится в течение периода, достаточного для нагрева каталитических нагревательных элементов до температуры начала реакции беспламенного каталитического сжигания углеводородов. После инициирования реакции пропускание электрического тока или подача пусковой газовой смеси прекращается.

В процессе нагрева углеводороды, находящиеся внутри емкости (1), переходят в газовую фазу. В случае применения в качестве углеводородов пропана, бутана, или пропан-бутановой смеси удаление углеводородов из емкости (1) осуществляется приемному трубопроводу (7) при помощи гидроприводного компрессора (9), который снабжен масляным насосом, двигателем и маслопроводами. При этом всасывающие клапаны компрессора функционируют в режиме принудительного открывания и закрытия. До попадания в гидроприводный компрессор (9) углеводороды проходят через охладитель (8) для их более полной последующей конденсации в баке-сборнике (6). Далее, как упоминалось выше, часть собранных углеводородов из бака-сборника (6) подается на сжигание в каталитические нагревательные элементы (2), в необходимом количестве для обеспечения нагрева емкости (1). Таким образом, обеспечивается работа устройства.

Техническим результатом, обеспечиваемым приведенной совокупностью признаков, является получение в ходе удаления углеводородов из емкости, например, цистерны, дополнительного количества углеводородов в приемной емкости, возвращаемых как полезный продукт в производство, снижение затрат дополнительных энергетических ресурсов. При использовании предложенного устройства указанный процесс может быть эффективно реализован при меньших

затратах времени при низкой температуре окружающего воздуха с обеспечением более высокого уровня безопасности дальнейшей работы с емкостями за счет снижения количества остатков удаляемых из них продуктов, со снижением отходов производства в виде канализационных сливов, газов, загрязняющих атмосферу; повышение безопасности собственно процесса удаления (выгрузки) углеводородов или других веществ из емкостей для перевозки и хранения.

#### Формула полезной модели

1. Устройство для удаления углеводородов из емкости, содержащее бак-сборник углеводородов, отличающееся тем, что содержит систему подогрева емкости в виде каталитического блока сжигания углеводородов и генерации теплоты, охватывающего внешнюю поверхность емкости и установленного с зазором по отношению к стенкам емкости, при этом бак-сборник снабжен трубопроводом подачи углеводородов к каталитическому блоку сжигания углеводородов и генерации теплоты.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что содержит гидроприводный компрессор, снабженный масляным насосом, двигателем и маслопроводами, причем всасывающие клапаны компрессора установлены с возможностью принудительного открывания и закрытия, линию для отвода углеводородов из емкости, соединенную с всасывающим патрубком компрессора, и охладитель.

3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что в качестве углеводородов применен пропан, или бутан, или пропан-бутановая смесь, или природный газ, или дизельное топливо.

4. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что содержит вентилятор ускорения циркуляции горячих газов от сжигания углеводородов.

5. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что содержит отдельный каталитический блок сжигания углеводородов и генерации теплоты с трубопроводом отведения из него нагретых отходящих газов, возникших в результате сжигания углеводородов, и подачи их к внешней поверхности емкости.

6. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что каталитический блок сжигания углеводородов и генерации теплоты состоит из одного или более каталитических нагревательных элементов, сформированных из нескольких слоев металлических сеток или высокопористых ячеистых структур с нанесенным на них катализатором, образующих поверхность каталитического блока сжигания углеводородов и генерации теплоты.

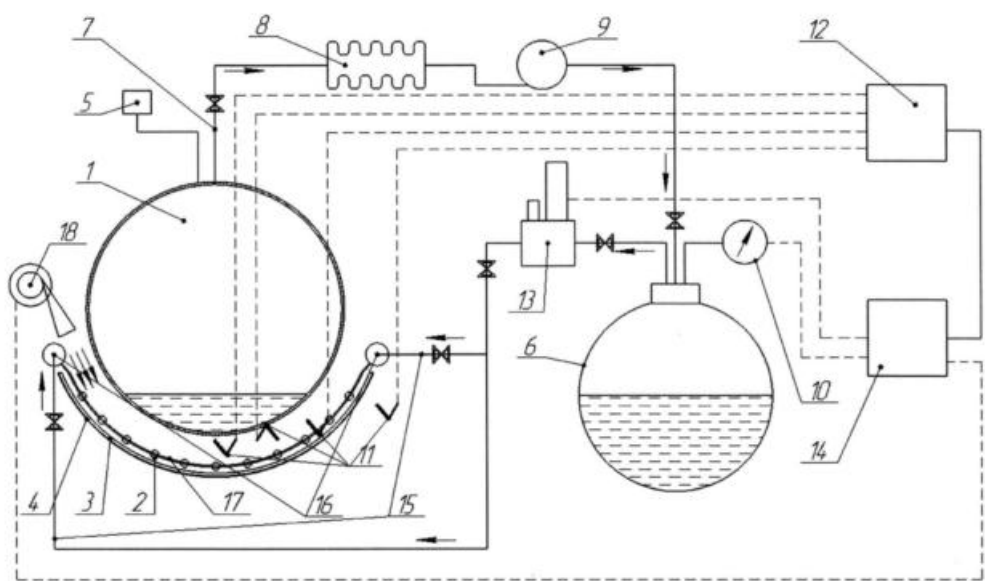
7. Устройство по п. 6, отличающееся тем, что каталитические нагревательные элементы, сформированные из металлических сеток или высокопористых ячеистых структур, для инициирования каталитической реакции дополнительно содержат электронагреватель.

8. Устройство по п. 6, отличающееся тем, что многослойные каталитические структуры имеют форму отдельных цилиндров, или представляют собой элементы, воспроизводящие сегменты окружности, или плоские коробчатые элементы, и охватывают часть внешней поверхности нагреваемой емкости.

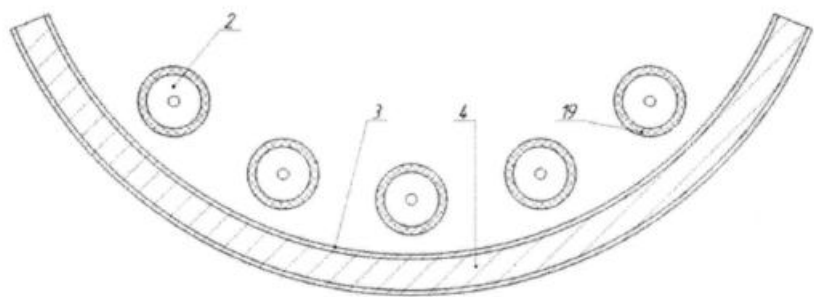
9. Устройство по п. 6, отличающееся тем, что металлические сетки или высокопористые ячеистые структуры выполнены из стали, содержащей железо, алюминий и хром, на сетки нанесен слой оксида алюминия в количестве 1-10% мас. от массы сетки или высокопористых ячеистых структур, а в качестве активных компонентов использованы высокодисперсные платина и/или палладий в количестве 0,1-7,0 мас.% от массы оксида алюминия.

10. Устройство по любому из пп. 1-9, отличающееся тем, что система для подогрева емкости содержит датчики температуры горячих газов от сжигания углеводородов и автоматический регулятор скорости подачи углеводородов.

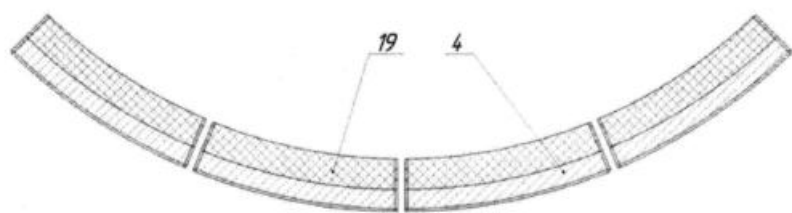




Фиг. 1

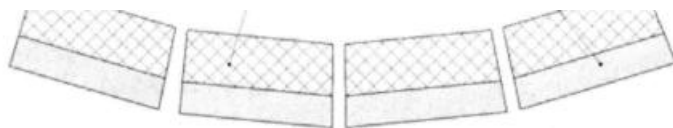


Фиг. 2



Фиг. 3





Фиг. 4